

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российская академия наук
Российский фонд фундаментальных исследований
АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»
Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН
Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН
Южный федеральный университет
Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем
им. академика А. В. Каляева Южного федерального университета
Российская Ассоциация искусственного интеллекта
Научный совет РАН по мехатронике и робототехнике
Научный совет РАН по комплексным проблемам управления и автоматизации

ДЕСЯТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ МУЛЬТИКОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ

МКПУ-2017

**Материалы
10-й Всероссийской мультikonференции
(с. Дивноморское, Геленджик, Россия,
11–16 сентября 2017 г.)**

ТОМ 1

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2017

УДК 004.8(063)
ББК 32.973я43
Д377

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-20458-г.

Редакционная коллегия:

академик РАН И. А. Каляев – ответственный редактор;
академик РАН В. Г. Пешехонов; академик РАН С. Н. Васильев;
член-корреспондент РАН Д. А. Новиков; академик РАН Ф. Л. Черноусько;
д-р техн. наук О. П. Кузнецов; д-р техн. наук Н. Ф. Филимонов;
канд. техн. наук Д. А. Губанов; д-р техн. наук И. Л. Ермолов;
канд. техн. наук А. П. Кухаренко

Д377 Десятая Всероссийская мультikonференция по проблемам управления : материалы 10-й Всероссийской мультikonференции (с. Дивноморское, Геленджик, Россия, 11–16 сентября 2017 г.) : в 3 т. / [редкол.: И. А. Каляев (отв. ред.) и др.]. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017.

ISBN 978-5-9275-2461-7

Т. 1. – 224 с.

ISBN 978-5-9275-2462-4 (Т. 1)

В первом томе материалов Десятой Всероссийской мультikonференции по проблемам управления (МКПУ-2017) представлены тезисы докладов локальной научно-технической конференции «Модели, методы и технологии интеллектуального управления» (ИУ-2017).

М $\frac{2404000000}{6KO(03) - 2017}$ без объявл.

ISBN 978-5-9275-2462-4 (Т. 1)
ISBN 978-5-9275-2461-7

УДК 004.8(063)
ББК 32.973я43

© Составление. Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН, 2017

© Составление, оформление. Научно-исследовательский
институт многопроцессорных вычислительных
систем им. академика А. В. Каляева
Южного федерального университета, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Локальная научно-техническая конференция «Модели, методы и технологии интеллектуального управления» (ИУ-2017)

РАЗДЕЛ 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ

<i>Аваков С.М., Дедков А.И., Дудкин А.А., Инютин А.В., Титко Д.С., Шоломицкий В.Г.</i> МЕТОДИКА СЕГМЕНТАЦИИ СИЛЬНО ИСКАЖЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ЭКСПЕРТОМ	12
<i>Алексеев А.А.</i> НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД АНАЛИЗА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТА	14
<i>Артемова Д.С., Виноградов Д.В.</i> СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ НА АФФИННОЕ ПОДПРОСТРАНСТВО	17
<i>Афанасьев А.Н., Войт Н.Н.</i> АВТОМАТНАЯ ВРЕМЕННАЯ ГРАММАТИКА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ	20
<i>Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С.</i> РАЗРАБОТКА ПРАВИЛ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ТРЕНАЖЕРНЫХ СИСТЕМАХ	23
<i>Белозеров А.А., Вахлаков Д.В., Мельников С.Ю., Пересыпкин В.А., Скавинская Д.В.</i> О РЕАЛИЗАЦИИ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ИСКАЖЕННЫХ ТЕКСТОВ	26
<i>Бельтюков А.П.</i> ДЕДУКТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕШЕНИЙ КОНСТРУКТИВНЫХ ЗАДАЧ И ИХ ПОДДЕРЖКИ	30
<i>Блюмин С.Л., Галкин А.В. Сараев П.В.</i> ФОРМАЛИЗАЦИЯ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	33
<i>Большаков А.А., Кулик А.А., Сергушов И.В., Скрипаль Е.Н.</i> МЕТОД ОЦЕНКИ УГРОЗЫ АВИАЦИОННОГО ПРОИСШЕСТВИЯ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	36

Бурдо Г.Б., Палюх Б.В., Рыков С.П. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ.....	39
Бутенков С.А. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГРАНУЛЯЦИИ КАК РАЗНОВИДНОСТЬ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	42
Васильев С.Н., Галяев А.А., Гурьев Ю.В., Максимов Н.М., Перцев В.В., Якушенко Е.И. ОБЕСПЕЧЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ СКРЫТНОСТЬЮ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	45
Виноградов Д.В. О НАДЕЖНОМ ПРЕДСКАЗАНИИ ВКФ-ГИПОТЕЗАМИ	48
Вятченин Д.А., Дудкин А.А. ОБ ИЕРАРХИЧЕСКОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ СТРУКТУРЫ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ИССЛЕДУЕМОЙ СОВОКУПНОСТИ ПОСРЕДСТВОМ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ ВОЗМОЖНОСТНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ	51
Гусакова С.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВ СХОДСТВА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДСМ-СИСТЕМАХ	54
Евсютин О.О., Мещеряков Р.В., Шумская О.О. СТЕГОАНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАИВНОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА	56
Забезжайло М.И. О НЕКОТОРЫХ «УЗКИХ МЕСТАХ» СОВРЕМЕННОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	59
Зиновьев В.В., Бельтюков А.П., Бартенев О.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ.....	62
Зуенко А.А. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ В СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ.....	64
Кривша В.В., Кривша Н.С. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГРАНУЛЯЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	67
Кузнецов О.П., Жиликова Л.Ю. НОВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СИСТЕМ.....	70

Мельников С.Ю., Пересыпкин В.А., Скавинская Д.В. О ПОДХОДЕ К КОРРЕКЦИИ ИСКАЖЕННЫХ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ.....	73
Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. О КВАЛИМЕТРИИ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	79
Михеенкова М.А., Финн В.К. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ.....	84
Николенко А.Б. О ПОСТРОЕНИИ ИТЕРАЦИОННЫХ ПРОГРАММ ПО ЛОГИЧЕСКИМ ВЫВОДАМ.....	87
Парфенова М.Я. ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ФОРМИРУЕМЫХ ВАРИАНТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ИТ-ПРОФИЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ.....	90
Сапаров А.Ю. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗАПИСИ РУКОПИСНЫХ ТЕКСТОВ В РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ	93
Сараев П.В., Галкин А.В., Погодаев А.К. ОБРАБОТКА ДАННЫХ С ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ В ЗАДАЧАХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	96
Сметанин Ю.М., Сметанина Л.П. ВЕРИФИКАЦИЯ СЛЕДОВАНИЯ В НЕКЛАССИЧЕСКОЙ ПРОПОЗИЦИОНАЛЬНОЙ МНОГОЗНАЧНОЙ ЛОГИКЕ.....	99
Урбанович Д.В. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОТОКОВЫХ ДАННЫХ.....	102
Федоров А.В., Барсуков Н.Д., Шкодырев В.П., Арсеньев Д.Г. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОСОБЫХ ТОЧЕК НА ИЗОБРАЖЕНИИ И КЛАСТЕРИЗАЦИИ.....	103
Фомин И.С., Громошинский Д.А., Бахшиев А.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ, НАВИГАЦИИ И СТЫКОВКИ	106

Чистякова Т.Б., Тетерин М.А.

АРХИТЕКТУРА ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО
АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ 109

Янковская А.Е., Дементьев Ю.Н., Ляпунов Д.Ю., Ямшанов А.В.

КОГНИТИВНЫЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
ОБУЧАЮЩЕЕ-ТЕСТИРУЮЩИХ СИСТЕМАХ 112

РАЗДЕЛ 2. ЭРГАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ

Бобырь М.В., Нассер А.А., Абдулджаббар М.А.

НЕЧЕТКАЯ ЭРГАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЕМ
ИЗДЕЛИЙ 115

Вешнева И.В., Сгибнев А.А., Большаков А.А., Чистякова Т.Б.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕМНЫХ ДИСПЛЕЕВ В ОБУЧАЮЩИХ
И ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 118

Витиска Н.И., Гуляев Н.А.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ВИЗУАЛЬНОГО
ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ
ДОСТОВЕРНОСТИ 121

Данилова С.К., Аминев Б.Д.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОРСКИХ ПОДВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ. РЕЖИМ МАЛОШУМНОГО МАНЕВРИРОВАНИЯ 124

Ермак М.Ю., Зайцев А.Е., Косиков С.В.

ИТ-ПОДДЕРЖКА ВНЕДРЕНИЯ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В РФ НА ОСНОВЕ ЭРГАТИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ ПРАВОВЫХ СИСТЕМ
ЗНАНИЙ 127

Желтов С.Ю., Федунев Б.Е.

БОРТОВЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ:
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ НА БОРТУ
АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА 129

Зянчурин А.Э., Устинов А.В.

ПРОБЛЕМА ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С
ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ 133

Ипатов О.С.

МОДЕЛИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: СИСТЕМНО-ЭРГАТИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ 136

Косьянчук В.В., Сельвесюк Н.И.

НОВАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ 139

Маслов С.Г.

ЭРГАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ - ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 142

Михайлюк М.В., Крючков Б.И., Усов В.М.

РОЛЕВЫЕ ФУНКЦИИ РОБОТА-ПОМОЩНИКА
КАК ИНФОРМАЦИОННОГО ПОСРЕДНИКА ЭКИПАЖА
ПРИ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЛУНЕ 145

Погосян Т.М.

ОБУЧАЮЩИЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ
СИСТЕМ С ЧЕЛОВЕКОМ 148

Себряков Г.Г., Корсун О.Н., Набатчиков А.М., Бурлак Е.А.

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ТЕОРИИ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ И
РЕЗУЛЬТАТОВ СТЕНДОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ 150

Сергеев С.Ф.

ОКУЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ КОГНИТИВНЫХ СТИЛЕЙ
В ИНТЕЛЛЕКТНОМ ТЕХНОСИМБИОЗЕ 153

Туровский Я.А.

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ТЕХНОЛОГИЯ
РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНТЕРФЕЙСОВ ЧЕЛОВЕК-КОМПЬЮТЕР 156

Уткин Л.В., Рябинин М.А.

СИАМСКИЙ ГЛУБОКИЙ ЛЕС ДЛЯ АНАЛИЗА АНОМАЛЬНОГО
ПОВЕДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ 159

Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б.

ЭРГАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
БЕСПИЛОТНЫМИ МОБИЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ 162

Широбокова И.Ю.

ЭРГАТИЧЕСКИЕ ИНТЕРФЕЙСЫ 165

РАЗДЕЛ 3. УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Агаев Р.П., Чеботарев П.Ю.

О КОНСЕНСУСЕ В СИСТЕМАХ С ЛАПЛАСОВСКОЙ
МАТРИЦЕЙ НИЗКОГО РАНГА 168

Акинфиев В.К.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ НЕФТИ 171

Аристов А.О.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ И
УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОВЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ
КВАЗИКЛЕТОЧНЫХ СЕТЕЙ 174

Асанов А.З., Мышкина И.Ю.

МЕТОДИКА ОПРОСА РАБОТОДАТЕЛЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ
ЗНАЧИМОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ БАКАЛАВРА 177

Баранов Б.Е., Карпов И.А., Лебедев И.В., Пендюхов М.А.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА С ЦЕЛЬЮ
ОЦЕНКИ РЕАКЦИЙ НА ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ 179

Вертлиб В.А., Качалов Д.Л., Фархадов М.П.

МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В
КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМАХ 182

Габейдулин Р.Х., Зыков С.В.

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЗАДЕРЖЕК ВЫЛЕТОВ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ПОТОКОВ ВОЗДУШНОГО
ДВИЖЕНИЯ 185

Гамаюнов И.Ф.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ
ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ 187

Гилязова А.А.

ПАРАМЕТРЫ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГРАФОВ, ПОСТРОЕННЫХ ПО
АЛГОРИТМУ С ОТСЕВОМ АКТИВНЫХ УЗЛОВ 190

Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г.

АКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ: О НАПРАВЛЕНИЯХ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР 193

Корепанов В.О.

СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ 196

Липанов А.М.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ УСПЕШНОЙ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ..... 197

Маликов С.Н.

ПРОФИЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ
ОРГАНИЗАЦИИ НА ДОВЕРЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ..... 199

Охтилев П.А., Бахмут А.Д., Крылов А.В.

ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНОГО
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ
ОБОБЩЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ..... 201

Павловский И.С.

ИЕРАРХИЧЕСКОЕ УПОРЯДОЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ
СТЕПЕНИ ЦЕЛОСТНОСТИ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ..... 204

Петров А.Е.

ОБОБЩЕННАЯ ДИАКОПТИКА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ
С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ..... 207

Рожнов А.В., Лычев А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В
ДИНАМИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТИ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ..... 210

Топольский Н.Г., Рыженко А.А.

КРОССПЛАТФОРМЕННЫЙ НЕЙРОПОРТАЛ НА ЛОГИКЕ
РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ
В СЕТЯХ СМЕЖНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО
СЕКТОРА В СФЕРЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ..... 213

Шишени А.В., Кузнецова И.Ю.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ
ВЫСООПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ
ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ..... 216

Щепкин А.В.

НЕМАНИПУЛИРУЕМОСТЬ МЕХАНИЗМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НА ОСНОВЕ «ПРИНЦИПА РАВНЫХ РЕНТАБЕЛЬНОСТЕЙ»..... 218

Авторский указатель..... 221

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗАПИСИ РУКОПИСНЫХ ТЕКСТОВ В РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

*Удмуртский государственный университет, г. Ижевск,
say.saplh@gmail.com*

Введение

Задача автоматического распознавания рукописных символов со сканированных изображений (off-line-распознавание) в настоящий момент остается не решенной в полном объеме. Основной сложностью при решении таких задач является огромное разнообразие способов начертания отдельных символов и их групп, чего нельзя сказать о печатных текстах. В свою очередь, задача распознавания рукописных текстов по последовательности записи (on-line-распознавание) уже решена на достаточно высоком уровне. Главное отличие этих способов распознавания заключается в различиях входных данных. Если удастся восстановить последовательность записи каждой кривой в растровом изображении, то задачу off-line-распознавания можно свести к задаче on-line-распознавания и тем самым добиться высокой точности распознавания.

Формальная постановка задачи

Под компонентами связности будем понимать такие фрагменты изображения, в которых каждая точка связана с любой другой точкой через непрерывную кривую. Очевидно, что различные компоненты связности записываются в разное время. Иными словами, человек не может записывать одновременно сразу две не связанные никакой линией кривые. Значит, достаточно восстановить последовательность записи отдельных компонент связности, а затем отсортировать их по какому-либо признаку (например, для обычного русского текста можно придерживаться правила сортировки слева направо).

Каждую компоненту связности можно представить в виде связного неориентированного графа. Для этого строится скелет изображения, в котором толщина каждой линии не больше одного пикселя (могут быть применены различные алгоритмы скелетизации, например, методом «утончения» [1]). В полученном скелете каждая критическая точка будет соответствовать вершине графа, а все промежуточные точки будут составлять ребра графа. К критическим точкам относятся точки пересечения (имеющие более 2 соседних закрашенных пикселей) и крайние точки (у которых ровно 1 соседний закрашенный пиксель). К промежуточным относятся все остальные точки, т.е. те, у которых 2 закрашенных соседа. Простые случаи, без критических точек (изолированная точка, цикл), не рассматриваются.

Таким образом, исходное изображение представлено в виде неориентированного связного графа $G = (S, U)$, где S – множество вершин, а U – множество ребер. Так как ребрам соответствуют рукописные кривые, то, чтобы нарисовать все изображение, необходимо «нарисовать» каждое ребро этого графа. Тогда задача сводится к нахождению такого пути $T = (u_{i_1}, u_{i_2}, \dots, u_{i_n})$, где $\forall i: u_i \in U$ в G , который содержит все ребра. При этом затраты на «рисование» графа должны быть минимальными.

Опишем минимальные условия, которым должен удовлетворять путь T . В первую очередь запись должна быть произведена за минимальное количество разрывов. Вторым условием является минимизация затрат на запись каждой непрерывной кривой. Рассмотрим случай, изображенный на рис. 1. Очевидно, что наиболее оптимальным способом записи данного символа является последовательность: $((1,5), (5,4), (2,5), (5,3))$. Эта последовательность удовлетворяет двум условиям:

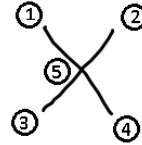


Рис. 1. Пример рукописного символа

- 1) символ нельзя записать за менее чем 2 непрерывных движения, и предложенная последовательность состоит как раз из двух непрерывных областей $((1,5), (5,4))$ и $((2,5), (5,3))$;
- 2) наиболее простой и быстрый способ непрерывной записи представляет собой прямую, и в данном случае запись состоит из двух прямых линий.

Оптимальным решением задачи является Эйлеров путь [2] в графе с наименьшим весом, если он существует. Вес пути будет вычисляться на основе сложности перехода по каждой вершине. Для каждой пары (u_i, u_{i+1}) из T ставится в соответствие некоторый числовой вес, отражающий сложность перехода из ребра u_i в ребро u_{i+1} через общую вершину. Например, если кривая (u_i, u_{i+1}) вблизи общей вершины есть прямая, то вес этой пары равен 1, если представлена ломаной, то вес пары равен 2. Если кривой не существует, то вес равен 0. Каждая пара, которая соответствует отсутствующей кривой, есть момент отрыва пишущего устройства от листа бумаги. Нулевой вес объясняется не только отсутствием необходимости траты чернил, но и тем, что такой переход может быть произведен намного быстрее, чем при выполнении записи. Но тогда это можно понимать как возможность мгновенного перехода в любую точку. Учитывая то, что граф ограничен отдельным символом либо компонентой связности, под такими переходами будут подразумеваться только переходы на сравнительно небольшие расстояния.

В общем виде должны быть выполнены следующие условия:

$$\begin{cases} |\{i: e(u_i) \neq s(u_{i+1})\}| \rightarrow \min; \\ \sum_i w((u_i, u_{i+1})) \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1)$$

где $e(u)$ и $s(u)$ – соответственно конец и начало ребра u , а $w((u, v))$ – вес пары (u, v) . Таким образом, необходимо найти такой путь, в котором минимальное число разрывов и сумма весов всех входящих в путь пар минимальна. Приоритет дается первому условию, поэтому путь, составленный чередованием существующих и несуществующих кривых, не может быть решением задачи.

Описание метода решения

Так как граф $G = (S, U)$ является связным, то условием существования эйлерова пути, по теореме Эйлера [2], является наличие в нем не более двух вершин нечетной кратности. В таком случае, чтобы выполнилось первое условие в (1), достаточно выбрать эйлеров путь в графе G . В обычном понимании весом эйлерова пути является сумма весов его ребер, и с учетом того, что эйлеров путь содержит все ребра графа и притом по одному разу, веса всех путей должны быть равны. Но в данном случае в качестве весов рассматриваются не какие-либо числовые параметры отдельных ребер, а параметры, отражающие сложность перехода от одного ребра к другому. В таком случае веса разных эйлеровых путей будут различными. Наиболее простым для понимания является алгоритм перебора всех эйлеровых путей и выбора среди них пути с минимальным весом, чтобы выполнилось второе условие в (1).

Если эйлеров путь в графе не существует, то рассматривается модифицированная задача поиска эйлерова пути, которая разрешает иметь в итоговом результате минимально возможное количество разрывов. Для этого можно воспользоваться алгоритмом Флери [2] с некоторыми модификациями, которые заключаются в том, что алгоритм может быть применен к графу с любым числом вершин нечетной кратности, и при невозможности дальнейшего движения из одной вершины нечетной кратности можно перейти в другую.

Дальнейшее усложнение задачи

Пока был рассмотрен граф, который в точности описывает структуру рукописного символа, и ничего не сказано про сложные случаи, например, что происходит при движении пишущего устройства по одной кривой более одного раза или при непрерывной записи длинных строк. В дальнейшем будут описаны особенности обработки рукописных текстов в более общем смысле и описан сам алгоритм.

1. *Гонсалес, Р.* Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. *Кристофидес, Н.* Теория графов. Алгоритмический подход [Текст] / Н. Кристофидес. – Москва: Мир, 1978. – 429 с.